

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06307858
PUBLICATION DATE : 04-11-94

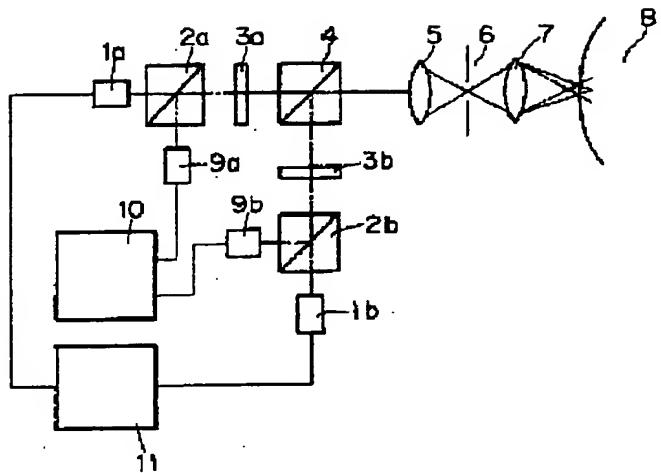
APPLICATION DATE : 23-04-93
APPLICATION NUMBER : 05097511

APPLICANT : RICOH CO LTD;

INVENTOR : IZEKI TOSHIYUKI;

INT.CL. : G01C 3/06 G01B 11/00 G01B 11/24

TITLE : OPTICAL DISPLACEMENT METER



ABSTRACT : PURPOSE: To provide an optical displacement meter which presents a high reliability and can be embodied in a small size at a low cost.

CONSTITUTION: Emitted light fluxes having different wavelengths from semiconductor laser beam sources 1a, 1b are passed through a dichroic mirror 4 to be synthesized and are converged in different positions on the surface 8 of an object concerned by the first converging means 5, a minute opening means 6 installed at the light convergence point, and the second converging means 7 with the chromatic aberration uncorrected, wherein the outputs of the reflected beams are sensed for computing process by two light receiving elements 9a, 9b, and thereby the displacement amount of the object can be determined.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-307858

(43)公開日 平成6年(1994)11月4日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 1 C 3/06
G 0 1 B 11/00
11/24

識別記号

府内整理番号
A 9008-2F
D 9206-2F
C 9108-2F

F I

技術表示箇所

(21)出願番号

特願平5-97511

(22)出願日

平成5年(1993)4月23日

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 6 頁)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 井関 敏之

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

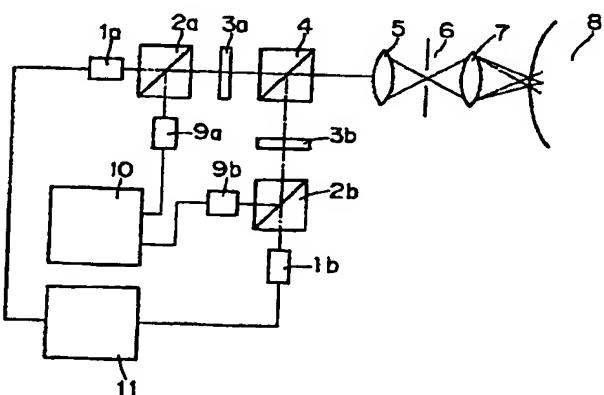
(74)代理人 弁理士 滝野 秀雄 (外2名)

(54)【発明の名称】 光学式変位計

(57)【要約】

【目的】従来の光学式変位計に比べて、安価で且つ小型化を可能とする信頼性の高い手段を提供する。

【構成】半導体レーザ光源1a、1bからの波長を異にする放射光束をダイクロイックミラー4を介して合成し、第一の集光手段5、集光点の位置に配置された微開口手段6、色収差未補正の第二の集光手段7により、物体表面8の異なる位置に集光させ、この反射光の出力を二つの受光素子9a、9bで検出演算し、物体の変位量を求めることができる。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長を異にする二つの放射光束を物体表面に向かわせる光路には、各光束を一点に集光する第一の集光手段、該集光点の位置に配置された微小開口手段、該微小開口手段を通過した各光束を物体表面上に集光する第二の集光手段を配置し、該物体表面上で反射し、微小開口手段を通過した異なる二つの波長の光束を分割する分割手段と、その背後に、夫々の波長の光に対応する二つの受光素子とに導き、該二つの受光素子の出力に基づいて物体の変位量を演算する演算手段とを備え、前記第一、第二の集光手段のうち、少なくとも一方に色収差を有するレンズを用いることを特徴とする光学式変位計。

【請求項2】 波長を異にする二つの放射光束を物体表面に向かわせる光路には、各光束を一点に集光する第一の集光手段、該集光点の位置に配置された微小開口手段、該微小開口手段を通過した各光束を物体表面上に集光する第二の集光手段を配置し、該物体表面上で反射し、微小開口手段を通過した異なる二つの波長の光束を分割する分割手段と、その背後に、夫々の波長の光に対応する二つの受光素子とに導き、該二つの受光素子の出力に基づいて物体の変位量を演算する演算手段とを備え、光源から物体表面に至る往路中に、波長の異なる二つの光束の広がり角度を異ならせる光学手段を設けたことを特徴とする光学式変位計。

【請求項3】 前記第二の集光手段による各波長の光の集光点の中間位置に物体表面がある場合における、二つの受光素子の受光量 P_o 、 P_o' を記憶する記憶手段を有し、任意の位置に物体表面がある場合の二つの受光素子の受光量が P 、 P' であるとき、物体表面の変位量 D は、 $D = [(P/P_o) - (P'/P_o')] / [(P/P_o) + (P'/P_o')]$ により求める手段を備えたことを特徴とする請求項1、2記載の光学式変位計。

【請求項4】 前記第二の集光手段による各波長の光の集光点の中間位置に物体表面がある場合において、二つの受光素子からの光検出信号が等しくなるように、それぞれの受光素子の信号増幅率を設定することを特徴とする請求項1、2記載の光学式変位計。

【請求項5】 波長を異にする二つの放射光束を形成するため、放射波長の異なる二つの単色光源を用い、前記第二の集光手段による各波長の光の集光点の中間位置に物体表面がある場合における、二つの受光素子からの光検出信号が等しくなるように、二つの光源の放射出力の比率を設定することを特徴とする請求項1、2記載の光学式変位計。

【請求項6】 波長を異にする二つの放射光束を形成するため、放射波長の異なる二つの単色光源を用い、それらの光源の放射出力の比率を一定に保ち続ける放射出力制御手段を設けることを特徴とする請求項1、2記載の光学式変位計。

【請求項7】 単一の白色光源と、該光源からの放射光束を物体表面に向かわせる光路には、光束を一点に集光する第一の集光手段、集光点に置かれた微小開口手段、該微小開口手段を通過した光を物体表面上に集光する第二の集光手段を配置し、該物体表面上で反射し、微小開口手段を通過した光を、各波長成分に分解する分解光学素子と、該分散光学素子の背後にラインセンサとに導き、該ラインセンサの出力に基づいて物体の変位量を演算する演算手段を設け、前記第一、第二の集光手段のうち、少なくとも一方に色収差を有するレンズを用いたことを特徴とする光学式変位計。

10

【請求項8】 微小開口手段を設置する前のラインセンサの出力を校正データとして予め記憶し、微小開口手段を設置した状態で任意の位置に物体表面がある場合のラインセンサの各画素出力を前記校正データで除算し、更に、除算データのピーク位置を求め、物体表面変位量を前記ピーク位置の変化として検出することを特徴とする請求項7の光学式変位計による測定方法。

【発明の詳細な説明】

20
【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、被検査物としての物体表面の微小変位を非接触により高精度で測定する光学式変位計及び測定方法に関するものであり、物体表面の形状を測定するに際して利用できる技術に関するものである。

【従来の技術】

【0002】 従来の光学式変位計の構成の一例を図6に示す。図6において、半導体レーザ光源31より放射された直線偏光は、偏光ビームスプリッタ32によりP偏光とS偏光に分離され、P偏光とS偏光の夫々はファラデー回転子33、34により、偏光方向を+45°回転された後、1/2波長板35、36で更に+45°回転され、このため、P偏光はS偏光に、S偏光はP偏光に夫々変換されて、偏光ビームスプリッタ37で合成される。

【0003】 合成されたS偏光とP偏光は、集光レンズ38、ピンホール39、複屈折光学系40を経て物体面41上に集光され、複屈折光学系40の働きにより、P偏光成分とS偏光成分は夫々異なる位置に集光される。そして、反射光は前述した往路を逆方向に戻り、1/2波長板35、36にて偏光方向は夫々+45°回転するが、ファラデー回転子33、34により-45°回転するため、P偏光はP偏光のまま、S偏光はS偏光のまま、偏光ビームスプリッタ32に到達して合成される。

【0004】 このため、合成された光は半導体レーザ光源31側に戻ることなく、偏光ビームスプリッタ42に到達し、ここでP偏光とS偏光とに分離されて、夫々受光素子43、44に入射する。このような光学系の配置により、物体面の位置が変化すると、受光素子43、44の受光量に差が生じる。この二つの受光素子の出力信

³
号を処理する手段45により、物体表面の変位を知るものである。

【0005】このような従来の構成において、性能を左右するピンホールの位置決めが比較的容易であるとしても、光学系として、ファラデー回転子を使用するため、低コスト化が困難であり、且つ検出ヘッドの小型化が難しい。仮に、ファラデー回転子を使用しないとしても、半導体レーザ光源側への戻り光により、レーザ出力にノイズが重畠するため、光アイソレータを使用する等の対策を講じる必要があり、同様に低コスト化、小型化が困難となっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、従来のこの種の装置に比べて、安価で且つ小型化を可能とする信頼性の高い光学式変位計を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記目的を達成するために、波長を異にする二つの放射光束を物体表面に向かわせる光路には、各光束を一点に集光する第一の集光手段、該集光点の位置に配置された微小開口手段、該微小開口手段を通過した各光束を物体表面上に集光する第二の集光手段を配置し、該物体表面上で反射し、微小開口手段を通過した異なる二つの波長の光束を分割する分割手段と、その背後に、夫々の波長の光に対応する二つの受光素子とに導き、該二つの受光素子の出力に基づいて物体の変位量を演算する演算手段とを備え、前記第一、第二の集光手段のうち、少なくとも一方に色収差を有するレンズを用いることを特徴とするものである。

【0008】本発明は、波長を異にする二つの放射光束を物体表面に向かわせる光路には、各光束を一点に集光する第一の集光手段、該集光点の位置に配置された微小開口手段、該微小開口手段を通過した各光束を物体表面上に集光する第二の集光手段を配置し、該物体表面上で反射し、微小開口手段を通過した異なる二つの波長の光束を分割する分割手段と、その背後に、夫々の波長の光に対応する二つの受光素子とに導き、該二つの受光素子の出力に基づいて物体の変位量を演算する演算手段とを備え、光源から物体表面に至る往路中に、波長の異なる二つの光束の広がり角度を異ならせる光学手段を設けたことを特徴とするものである。

【0009】また、本発明は、前記光学式変位計において、前記第二の集光手段による各波長の光の集光点の中間位置に物体表面がある場合における、二つの受光素子の受光量 P_o 、 $P_{o'}$ を記憶する記憶手段を有し、任意の位置に物体表面がある場合の二つの受光素子の受光量が P 、 P' であるとき、物体表面の変位量 D は、 $D = [(P/P_o) - (P'/P_{o'})] / [(P/P_o) + (P'/P_{o'})]$ により求める手段を備えたことを

⁴
特徴とするものである。

【0010】本発明は、更に、前記光学式変位計において、前記第二の集光手段による各波長の光の集光点の中間位置に物体表面がある場合において、二つの受光素子からの光検出信号が等しくなるように、それぞれの受光素子の信号増幅率を設定することを特徴とし、又は、波長を異にする二つの放射光束を形成するため、放射波長の異なる二つの単色光源を用い、前記第二の集光手段による各波長の光の集光点の中間位置に物体表面がある場合における、二つの受光素子からの光検出信号が等しくなるように、二つの光源の放射出力の比率を設定することを特徴とし、又は、波長を異にする二つの放射光束を形成するため、放射波長の異なる二つの単色光源を用い、それらの光源の放射出力の比率を一定に保ち続ける放射出力制御手段を設けることを特徴とするものである。

【0011】本発明は、単一の白色光源と、該光源からの放射光束を物体表面に向かわせる光路には、光束を一点に集光する第一の集光手段、集光点に置かれた微小開口手段、該微小開口手段を通過した光を物体表面上に集光する第二の集光手段を配置し、該物体表面上で反射し、微小開口手段を通過した光を、各波長成分に分解する分解光学素子と、該分散光学素子の背後にラインセンサとに導き、該ラインセンサの出力に基づいて物体の変位量を演算する演算手段を設け、前記第一、第二の集光手段のうち、少なくとも一方に色収差を有するレンズを用いたことを特徴とするものである。

【0012】本発明は、前記光学式変位計において、微小開口手段を設置する前のラインセンサの出力を校正データとして予め記憶し、微小開口手段を設置した状態で任意の位置に物体表面がある場合のラインセンサの各像素出力を前記校正データで除算し、更に、除算データのピーク位置を求め、物体表面変位量を前記ピーク位置の変化として検出する測定方法を特徴とするものである。

【0013】

【作用】本発明の構成により、波長の異なる光束を用い、それらの光束を物体表面の前後に集光させ、夫々の波長の光を受光素子により検出して、物体表面の変位量を安価な手段により正確に測定することができる。

【0014】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面により説明する。図1には、本発明の第1の実施例が示されており、第一の半導体レーザ光源1aより放射された波長 λ_1 の光は、偏光ビームスプリッタ2a、 $1/4$ 波長板3aを通り、ダイクロイックミラー4に到達する。第二の半導体レーザ光源1bより放射された波長 λ_2 の光は、偏光ビームスプリッタ2b、 $1/4$ 波長板3bを通り、ダイクロイックミラー4に到達する。

【0015】ダイクロイックミラー4は、波長 λ_1 の光を透過し、波長 λ_2 の光を反射するため、双方の光は合

成され、アクロマティックレンズ5、ピンホール6、対物レンズ7を経て物体表面8に到達する。ここで、対物レンズ7としては、色収差未補正のレンズを使用することによって、波長 λ_1 の光と波長 λ_2 の光とは異なる位置に集光させることができる。

【0016】物体表面からの反射光は、前述した往路を逆方向に戻り、ダイクロイックミラー4で夫々の波長に分離され、夫々の偏光ビームスプリッタ2a、2bにより反射されて受光素子9a、9bに入射する。受光素子9a、9bには、メモリ、除算回路、ピーク検出回路等から構成される演算手段10が接続されている。11は、第一の半導体レーザ光源1aと第二の半導体レーザ光源1bとに接続された半導体レーザコントローラであり、二つの半導体レーザの出力の比率を一定に保ち得るように出力制御を行っている。

【0017】このような光学系の配置によって、物体表面8の位置が変化すると、ピンホール6を通過する反射光のうち、波長 λ_1 の光成分と波長 λ_2 の光成分の割合が変化し、受光素子9a、9bの受光量に差を生じる。よって、二つの受光素子9a、9bの差動信号を得ることにより、物体表面8の変位を知ることができる。

【0018】図2(a)には、物体表面8の変位と二つの受光素子9a、9bの出力信号との関係を示し、図2(b)には、図2(a)の二つの受光素子9a、9bの出力信号により、差動出力信号を得た場合の状態を示しており、図2(a)、(b)において、夫々の受光素子の感度は、波長依存性のない理想的な場合の出力信号を実線により表し、実際には、波長依存性があり、その場合の出力信号を点線で示している。

【0019】このように、受光素子の感度には波長依存性があるため、変位検出出力信号のリニアリティの悪化、ダイナミックレンジの低下等の不具合を生じる。本発明では、これを解決するために、次のような対策を講じている。

【0020】第一の手段として、対物レンズ7により形成される二つの集光点の中央位置に、物体表面8がある場合における、二つの受光素子9a、9bの受光量をメモリに記憶しておく。その場合の二つの受光素子の受光量を夫々、 P_0 、 P_0' とする。そして、任意の位置に物体表面があり、その場合において、二つの受光素子9a、9bの受光量が、 P 、 P' としたとき、物体表面の変位量Dはコンピュータ等の演算手段を用いて、 $D = [(P/P_0) - (P'/P_0')] / [(P/P_0) + (P'/P_0')]$ の式により算出することができる。

【0021】第二の手段として、対物レンズ7による二つの集光点の中央位置に物体表面8が位置する場合において、二つの受光素子9a、9bからの検出出力信号が等しくなるように、夫々の受光素子の信号増幅率を予め設定しておくことにより、前記不具合を解決する。

【0022】第三の手段として、対物レンズ7による二つの集光点の中央位置に物体表面8が位置する場合において、二つの受光素子9a、9bからの検出出力信号が等しくなるように、二つの半導体レーザの放射出力の比率を予め設定しておくことにより、前記不具合を解決する。

【0023】また、この実施例において、二つの半導体レーザ光源1a、1bの放射出力が独立に変動すると、受光素子9a、9bによる変位検出出力信号のリニアリティや精度が悪化する等の不具合が生じる。このような不具合は、二つの半導体レーザ光源1a、1bの放射出力の比率を一定に保ち続けることにより、半導体レーザコントローラ11を設けることにより、二つの半導体レーザ光源の出力制御を行って解消することができる。

【0024】前述の第一の実施例では、光源として、放射波長の異なる二つの半導体レーザを用いた場合について説明したが、次の図3に示す第二の実施例は、二波長同時発振レーザを使用する場合の光学式変位計について説明する。二波長同時発振レーザ1cからは、互いに偏光面が直交した光が放射される。この偏光面が直交した光は、偏波保存光ファイバ12を介して検出ヘッドH内に配置されたビームスプリッタ13に導かれる。

【0025】ビームスプリッタ13を通過した光は、第一のアクロマティックレンズ14aにより集光され、ピンホール15を通過し、第二のアクロマティックレンズ14bで略平行な光に変換される。この略平行な光は、広帯域偏光ビームスプリッタ16により、二つの波長の光に分割される。分割された光路の一方には、レンズ17が配置され、同じく光路の他方には、レンズは配置されておらず、この分割された光路は、再び広帯域偏光ビームスプリッタ18により合成される構成となる。

【0026】レンズ17が配置されない方の分割された波長の光は、略平行のままの状態で導かれ、レンズ17が配置された方の分割された波長の光は、レンズ17の作用により収束光となる。この状態により、対物レンズ19に到達した二つの波長の光は、対物レンズ19により、物体表面8の前後に對応する異なる位置に集光する。そして、物体表面8からの反射光は、前記往路を逆方向に向かい、ビームスプリッタ13により反射され、レンズ20、プリズム21を通って、二分割の受光素子22の別々の受光面に入射するよう構成されている。

【0027】よって、二波長同時発振レーザ光源1cからの二つの波長の光束は、広がり角度を異ならせしめる光学手段により、物体表面8の異なる位置に集光させることができ、この反射光を、各波長毎に検出する受光素子22により検出し、前記第一の実施例と同様に、物体表面の変位を測定することができる。

【0028】更に、図4には、本発明の第三の実施例が示されている。この第三の実施例においては、光源として、白色光源を使用し、該白色光源からの光束を色収差

を有するレンズを介して物体表面に集光し、この反射光の出力を各波長毎にラインセンサで検出するものである。

【0029】白色光源1dからの光は、光ファイバ12aを介して検出ヘッドH内に配置されたビームスプリッタ13に導かれる。このビームスプリッタ13を通過した光は、アクロマティックレンズ5、ピンホール6、色収差未補正の対物レンズ7を経て物体表面8に集光される。そして、反射光は前記往路を逆方向に戻り、ビームスプリッタ13により反射され、レンズ20、プリズム21を通って、受光素子としてのラインセンサ23の受光面に入射するように構成されている。ラインセンサ23の出力は、メモリ、除算回路、ピーク検出回路から構成される演算手段10に導かれ、物体表面8の変位が求められる。

【0030】この実施例における物体表面変位の測定原理について説明する。図4において、ピンホール6のない場合には、光源の分光分布特性、物体表面の反射特性等により、ラインセンサ26で検出される分光分布は、一例として図5(a)に示されるように複雑な形状となる。そこで、ピンホール6が設置されると、限られた波長域の反射光のみが、ピンホール6の通過を可能とし、それ以外の波長域の光は、ピンホール6により遮られる。これは、対物レンズ7による集光位置が波長により異なることに起因する。

【0031】この結果、ピンホール6を設置した際のラインセンサ23において、検出される分光分布は、図5(a)に対して図5(b)の波線①を乗じた図5(c)の実線①に示した状態となる。そして、物体表面8が変位すると、ピンホール6を通過する波長域が移動し、ラインセンサ23で検出される分光分布は、図5(a)に対して図5(b)の波線②を乗じた図5(c)の実線②に示した状態となる。従って、図5(c)を図5(a)で除算することにより、図5(b)を求め、更に、そのピーク位置を求めれば、ピーク位置の変位量から物体表面8の変位を求めることができる。

【発明の効果】本発明の構成により、光学式変位計として、従来のようなファラデー素子等の高価な光学素子を使用することなく、低コスト化を実現できる効果を有し、しかも、受光素子の分光感度特性に影響されることのない、高精度の測定を可能とする効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光学式変位計の第一の実施例を示す構成図である。

【図2】(a)は物体表面の変位と二つの受光素子の出力信号との関係、(b)は物体表面の変位と二つの受光素子の差動出力信号との関係を示すグラフである。

【図3】本発明の光学式変位計の第二の実施例を示す構成図である。

【図4】本発明の光学式変位計の第三の実施例を示す構成図である。

【図5】(a)(b)(c)は図4の第三の実施例における物体表面変位の測定方法を説明するためのグラフである。

【図6】従来の光学式変位計の一例を示す構成図である。

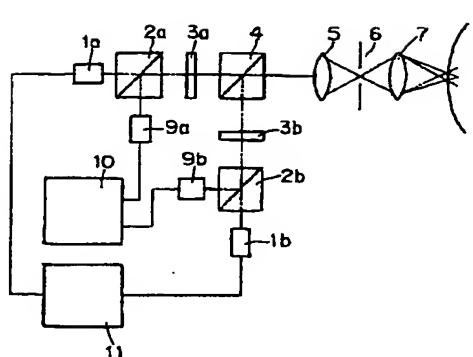
【符号の説明】

1 a, 1 b	半導体レーザ光源
1 c	二波長同時発振レーザ光源
1 d	白色光源
2	偏光ビームスプリッタ
20 3	1/4波長板
4	ダイクロイックミラー
5	アクロマティックレンズ
6	ピンホール
7	色収差未補正の対物レンズ
8	物体表面
9	受光素子
1 0	演算手段
1 1	半導体レーザコントローラ
1 2	偏波保存光ファイバ
30 1 3	ビームスプリッタ
1 4 a	アクロマティックレンズ
1 4 b	アクロマティックレンズ
1 5	ピンホール
1 6, 1 8	広帯域偏光ビームスプリッタ
1 7	レンズ
1 9	対物レンズ
2 0	レンズ
2 1	プリズム
2 2	二分割の受光素子
40 2 3	ラインセンサ
H	検出ヘッド

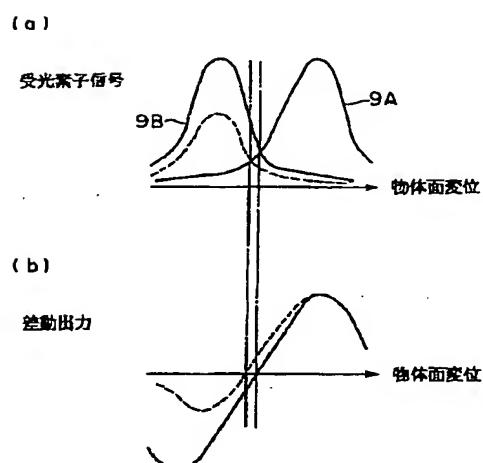
(6)

特開平6-307858

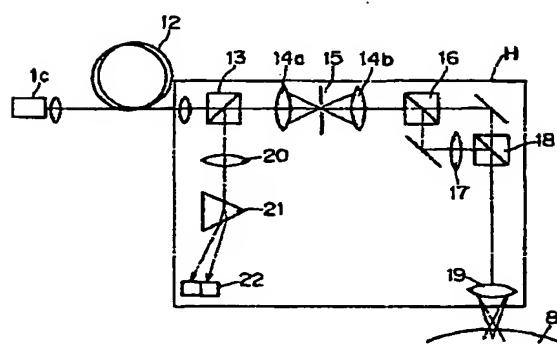
【図1】



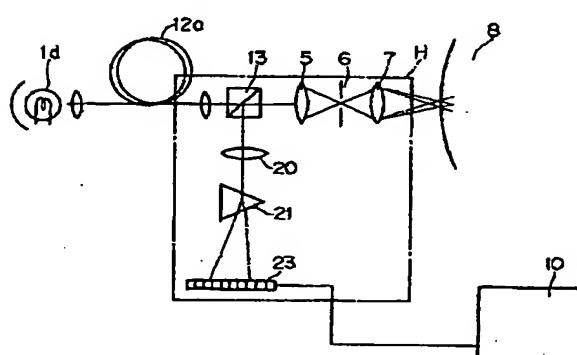
【図2】



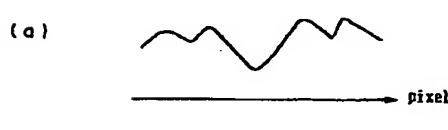
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

